

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Katedra telekomunikační techniky



Hodnocení kvality IPTV

Quality Assessment of IPTV

Bakalářská práce

2014

Romana Kroupová

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra telekomunikační techniky

Zadání bakalářské práce

Student:

Romana Kroupová

Studijní program:

B2647 Informační a komunikační technologie

Studijní obor:

2601R013 Telekomunikační technika

Téma:

Hodnocení kvality IPTV
Quality Assessment of IPTV

Zásady pro vypracování:

Analogové televizní vysílání je postupně ukončováno a místo něj nastupuje digitální televizní vysílání. Digitální televizní vysílání má několik různých podob, a to především satelitní vysílání (DVB-S, DVB-S2), kabelové vysílání (DVB-C), pozemní digitální vysílání (DVB-T, DVB-T2), mobilní vysílání (DVB-H) a dále také digitální televizní vysílání prostřednictvím datové sítě (IPTV). Absolventská práce je zaměřena na problematiku hodnocení kvality IPTV.

1. Popište problematiku přenosu IPTV.
2. Popište subjektivní a objektivní metody pro stanovení kvality IPTV.
3. V prostředí Matlab vytvořte program pro stanovení parametru MSE (Mean Square Error), PSNR (Peak signal-to-noise ratio) a parametru SSIM (Structural similarity index) v rámci objektivní metody stanovení kvality IPTV.
4. S využitím síťového emulátoru Simena v přenosovém řetězci IPTV ověřte funkčnost vytvořeného programu.

Seznam doporučené odborné literatury:

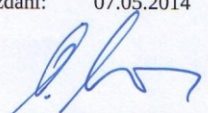
MINOLI, Daniel. *IP multicast with applications to IPTV and mobile DVB-H*. Hoboken: John Wiley, 2008, xvi, 357 s. ISBN 978-0-470-25815-6.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

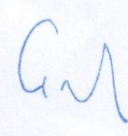
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Kvádík**

Datum zadání: 01.09.2013

Datum odevzdání: 07.05.2014


doc. Ing. Miroslav Vozňák, Ph.D.
vedoucí katedry

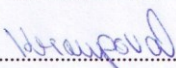



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma *Hodnocení kvality IPTV* jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

V Ostravě, dne 30. dubna 2014


.....

Poděkování

Ráda bych poděkovala mému vedoucímu práce, panu Ing. Petru Koudelkovi, za poskytnuté materiály, odborná doporučení a za čas strávený na společných konzultacích, vždy doprovázené dobrou náladou. Dále bych také poděkovala všem svým přátelům za poskytnutou technickou podporu. Nakonec děkuji své rodině za mnoho gest podpory, a také komukoliv, kdo bude tuto práci číst.

Děkuji.

Abstrakt

Obsahem této bakalářské práce je hodnocení kvality IPTV. V první části práce je teoreticky rozebráno IPTV, k čemu se využívá a následný popis subjektivních a objektivních metod hodnocení. Objektivní metody hodnocení jsou následně implementovány do programu Matlab, kde je vytvořeno jak uživatelské rozhraní GUI, tak celá aplikace. Druhá část práce obsahuje popis algoritmu pro objektivní hodnocení obrazu v prostředí Matlab. Je zde popsána i metoda používání programu pro uživatele. K práci jsou přiloženy originální a zdeformované snímky ke zkoušce funkčnosti programu, které byly dodány od kolegů, kteří měřili IPTV.

Klíčová slova

IPTV, deformace obrazu, QoS, MOS, subjektivní hodnocení, objektivní hodnocení, SSIM, MSE, NMSE, PSNR

Abstract

The purpose of this thesis is assessment quality of IPTV. In a first part of thesis is theoretically analyzed IPTV, what is used for and subsequent description of subjective and objective assessment methods. Objective assessment methods are then implemented in program Matlab, where is designed user interface GUI and also the whole application. The second part contains a description of the algorithm for the objective assessment of image in Matlab. There is also described the way how to use the program for users. The work contains original and deformed images to test the functionality of the program. These images I got from my colleagues who measured IPTV.

Keywords

IPTV, deformation of image, QoS, MOS, subjective assessment, objective assessment, SSIM, MSE, NMSE, PSNR

Seznam obrázků

Obr. 1: IPTV systém [7].	16
Obr. 2: Základní struktura pro multicast služby.	20
Obr. 3: Kvalita prožitku a služeb [2].	24
Obr. 4: Problémy při přenosu [2].	24
Obr. 5: Spojitá stupnice kvality DCSQS [2].	28
Obr. 6: Blokové schéma pro výpočet metody SSIM [2].	34
Obr. 7: Změny parametrů MSE a SSIM.	34
Obr. 8: Uživatelské rozhraní GUI.	36
Obr. 9: Program po spuštění.	36
Obr. 10: Načtení prvního obrázku.	37
Obr. 11: Načtení druhého obrázku.	38
Obr. 12: Výpočet a vykreslení SSIM.	42
Obr. 13: Výpočet a vykreslení rozdílového obrázku.	43
Obr. 14: Uložení do souboru – SSIM mapa.	46
Obr. 15: Uložení do souboru – Rozdílový obrázek Delta.	47

Seznam tabulek

Tab. 1: Deformace [2].	23
Tab. 2: Základní provozní vlastnosti podle třídy služeb (Metro ethernet) [2].	26
Tab. 3: Mean Opinion Score [2].	27
Tab. 4: Varianty MOS [2].	27

Seznam použitých zkratk

Zkratka	Anglický význam	Český význam
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line	Asymetrické připojení pro vysokorychlostní přenos dat
BGP	Border Gateway Protocol	Dynamický směrovací protokol pro směrování mezi autonomními systémy
CD	Compact Disk	Kompaktní disk
DCT	Discrete Cosine Transform	Diskrétní kosinová transformace
DF	Delay Factor	Faktor zpoždění
DSCQS	Double Stimulus Continuous Quality Scale	Subjektivní metoda
DVB	Digital Video Broadcasting	Digitální televizní vysílání
DVB – S	Digital Video Broadcasting-Satellite	Satelitní digitální televizní vysílání
DVB – T	Digital Video Broadcasting-Terrestrial	Pozemní digitální televizní vysílání
H. 264		Kompresce videa
HD	High-Definition	Vysoké rozlišení
HDTV	High Definition TeleVision	TV s vysokým rozlišením
HVS	Human Visual Systém	Lidský vizuální systém
IGMP	Internet Group Management Protocol	
IP	Internet Protocol	Standartní síťový protokol
IPTV	Internet Protocol Television	Televize vysílající pomocí internetového protokolu
JPEG	Joint Photographic Experts Group)	Metoda ztrátové komprese pro obrázky
LAN	Local Area Network	Lokální síť
MATLAB	MATrix LABoratory	Skriptovací programovací jazyk

MDI	Media Delivery Index	
MLR	Media Loss Rate	Faktor ztrátovosti
MPEG	Motion Picture Experts Group	Standard kódování audiovizuálních informací
MPQM	Moving Pictures Quality Metric	
MSE	Mean Square Error	Střední kvadratická odchylka
NMSE	Normalized Mean Square Error	Normalizovaná střední kvadratická odchylka
PAL	Phase Alternating Line	Barevné kódování signálu pro analogové TV
PIM	Protocol Independent Multicast	Protokol Internetu pro správu skupin
PSNR	Peak Signal to Noise Ratio	Poměr nejvyšší hodnoty signálu vůči hodnotám MSE
Push to talk		Způsob komunikace jedním směrem - stlač a mluv
QoS	Quality of Service	Kvalita služeb
RFC	Request For Comments	Označení řady standardů popisujících internetové protokoly, systémy apod.
RP	Rendezvous Point	Směrovač
RTCP	Real-Time Control Protocol	Řídicí protokol pro distribuci zvuku a videa v reálném čase
RFC	Request For Comments	Označení řady standardů popisujících internetové protokoly, systémy apod.
RTP	Real-Time Transport Protocol	Protokol standardizující paketové doručování zvukových a obrazových dat
RTSP	Real-Time Streaming Protocol	
SDTV	Standard Definition TeleVision	Televize se standardním rozlišením
SSIM	Structural Similarity Index	Strukturální podobnost obrazů
SSM	Single Source Multicast	Filtrování podle zdroje
VHS	Video Home System	Systém domácího videa
VLC	Variable Length Coding	Kódování s proměnnou délkou symbolů

VoIP	Voice over IP	Telefonování přes IP
WAN	Word Area Network	Pokrytí rozlehlých geografických území
Wi-Fi		Bezdrátová síť

Obsah

1	Úvod.....	13
2	IPTV.....	14
2.1	IP pro IPTV.....	16
3	Protokoly IPTV.....	17
3.1	RTP.....	17
3.2	RTSP.....	17
3.3	PIM.....	17
3.3.1	Hustý režim DM (Dense Mode).....	18
3.3.2	Řídký režim SM (Sparse Mode).....	18
3.4	IGMP.....	18
3.4.1	IGMPv1 [19].....	19
3.4.2	IGMPv2.....	19
3.4.3	IGMPv3.....	19
3.4.4	IGMP SNOOPING.....	20
4	Komprese.....	21
4.1	Používané kodeky pro IPTV.....	21
4.1.1	JPEG.....	21
4.1.2	MPEG/1.....	21
4.1.3	MPEG-2.....	22
4.1.4	MPEG-4.....	22
5	Metody pro stanovení kvality IPTV.....	23
5.1	Kvalita služeb QoS.....	24
5.1.1	Celkové zpoždění (latency).....	25

5.1.2	Změna pořadí paketů (packet order)	25
5.1.3	Kolísání zpoždění (jitter)	25
5.1.4	Ztrátovost paketů (packet loss)	25
5.1.5	Propustnost (bandwidth)	25
5.1.6	Zpoždění (delay)	25
6	Subjektivní metody hodnocení	27
6.1	Stupnice MOS	27
6.2	Stupnice DSCQS	28
7	Objektivní metody hodnocení	29
7.1	MSE	29
7.2	PSNR	29
7.3	NMSE	30
7.4	MDI	30
7.4.1	Delay Factor	30
7.4.2	Media Loss Rate	31
7.5	MPQM	31
7.6	SSIM	31
8	Realizace v programu Matlab	35
8.1	Uživatelské rozhraní GUI	35
8.2	Výběr a načtení obrázků	36
8.3	Kalkulace výpočtů	38
8.3.1	Proměnné	38
8.3.2	MSE výpočet	39
8.3.3	NMSE výpočet	40
8.3.4	PSNR výpočet	40
8.3.5	DELTA výpočet	41
8.3.6	SSIM volání výpočtu	41

8.4	Výběr a vykreslení obrázků	42
8.4.1	SSIM map	42
8.5	Vymazání okna	44
8.5.1	Vymazání kolonek s hodnotami.....	44
8.6	Vymazání obrázků	44
8.7	Uložení do souboru	45
8.7.1	Tisk obrázků	45
8.7.2	Tisk textu	46
8.7.3	Uložení do souboru.....	46
9	Závěr	48

1 Úvod

Během posledních několika let se používání internetu a sledování TV rapidně zvýšil. Mnoho lidí začalo zajímat, jak lze sledovat oblíbené televizní stanice v té nejvyšší kvalitě. Vymoženost sledování HDTV přes satelitní či kabelové vysílání, nám dává možnost dosáhnout nových objevů v oblasti televizního vysílání. Digitalizace TV je technologická inovace, která nabízí lepší kvalitu a kvalitní obraz. Kromě nejběžnějších způsobů, kterými jsou pozemní, satelitní nebo kabelové DVB vysílání, existuje i nová metoda zvaná IPTV.

IPTV přijímá a zobrazuje datové toky, které jsou kódovány jako IP pakety z různých vysílacích kanálů. IPTV pracuje na bázi IP technologie, která poskytuje triple-play služby, jedná se o spojení internetu, telefonu a digitální televize v jedné datové přípojce od poskytovatele. Takovou službu nabízí např. společnost O₂ přes ADSL. Za předpokladu, že zákazník má kvalitní kabelové vedení a není příliš vzdálen od ústředny, kromě volání může využívat i ADSL technologii, která zajišťuje internetové služby nebo IP televizi. IPTV zachycuje video signály z různých zdrojů, digitalizuje je, vysílá a zpracovává přes IP síť. Video server poté zpracovává, komprimuje, upravuje a ukládá obsah zachyceného videa, které může být šířeno živě, v reálném čase nebo ze záznamu. Po dokončení procesu, obsah videa může být poslán přes IP síť do jedné nebo více stanic pro soukromé či veřejné prohlížení.

V dnešní době s růstem vysokorychlostního internetového připojení, je možné sledovat televizní programy v nejvyšší kvalitě na zobrazovacích zařízeních. IPTV je podporován rozsáhlými telekomunikačními společnostmi, které poskytují služby IPTV zákazníkům. Od doby, kdy se IPTV poprvé objevilo na internetu, společnosti se pokouší nabízet ty nejlepší IPTV služby zákazníkům.

Cílem objektivního hodnocení kvality je nahrazení subjektivního hodnocení kvality, které je založeno na hodnocení skupiny pozorovatelů. Subjektivní metody jsou velmi časově i finančně náročné, avšak poskytují relevantní výsledky vzhledem k tomu, že kvalitu hodnotí skutečný člověk. Existuje několik základních modelů objektivního hodnocení kvality obrazu a videa.

Práce je věnována metodám, které pracují se změnami hodnot jednotlivých obrazových bodů. U těchto metod jsou vzájemné rozdíly vyhodnoceny pomocí matematického výpočtu založeného na maticovém porovnání originálního a hodnoceného obrazu nebo jejich sekvencí. Tímto přístupem je přinesena větší korelace výsledků objektivních testů s testy subjektivním

2 IPTV

IPTV neboli televize přes internetový protokol je jeden ze způsobů, jak zákazníkovi doručit televizní signál digitálně a v co nejvyšší kvalitě [3]. Šíření je poskytováno prostřednictvím širokopásmového IP propojení za pomoci datové komunikace. Služba je běžně nabízená i s poskytováním internetu, popřípadě se službou VoIP. Spojení těchto tří vyjmenovaných služeb, je označováno jako triple-play [7]. Pro laiky to můžeme jednoduše vysvětlit, že se jedná o jediný datový kabel, který uživateli zajišťuje veškerou komunikaci s okolím.

Různí provozovatelé zavedli IPTV různými způsoby, což může vytvářet problémy při aktualizacích. IPTV by mělo poskytovat stejné služby a obsah, jako při kabelovém spojení, včetně televizního vysílání, výběr kanálů, a cokoli dalšího, co může být zasláno z jednoho zdroje k mnoha účastníkům [7]. Obrazová i zvuková kvalita bývá podobná jako u vysílání DVB-T nebo DVB-S. IPTV oproti DVB-T může nabídnout širší škálu televizních stanic a vyšší datové toky [3]. Přijímače IPTV jsou snadněji upgradovatelné a přechod z jednoho kódování na druhé nezpůsobuje žádné problémy, na rozdíl od běžných DVB-T set-top boxů. Z toho důvodu má IPTV do budoucna lepší předpoklady pro šíření televize v HD rozlišení [3].

Televizní obraz se v IPTV šíří pomocí datových toků neboli streamů z jednoho centrálního místa – stream serveru. Tyto streamy mají nezanedbatelné nároky na síťovou propustnost, jelikož musí přenášenou informaci zachovat v dostatečné kvalitě bez výrazné ztráty. Obecně můžeme říct, že jeden obrazový stream v normální kvalitě PAL, si vyžaduje přenosovou rychlost alespoň 4 Mbps při kódování MPEG-2, oproti tomu stream v HD kvalitě si vyžaduje cca 7–10 Mbps v kódování H.264. Je třeba podotknout, že každý stream má trochu odlišné nároky, což závisí na kvalitě použitého zobrazení, použitého kódování, nároků na kvalitu přenášených dat, apod. [3].

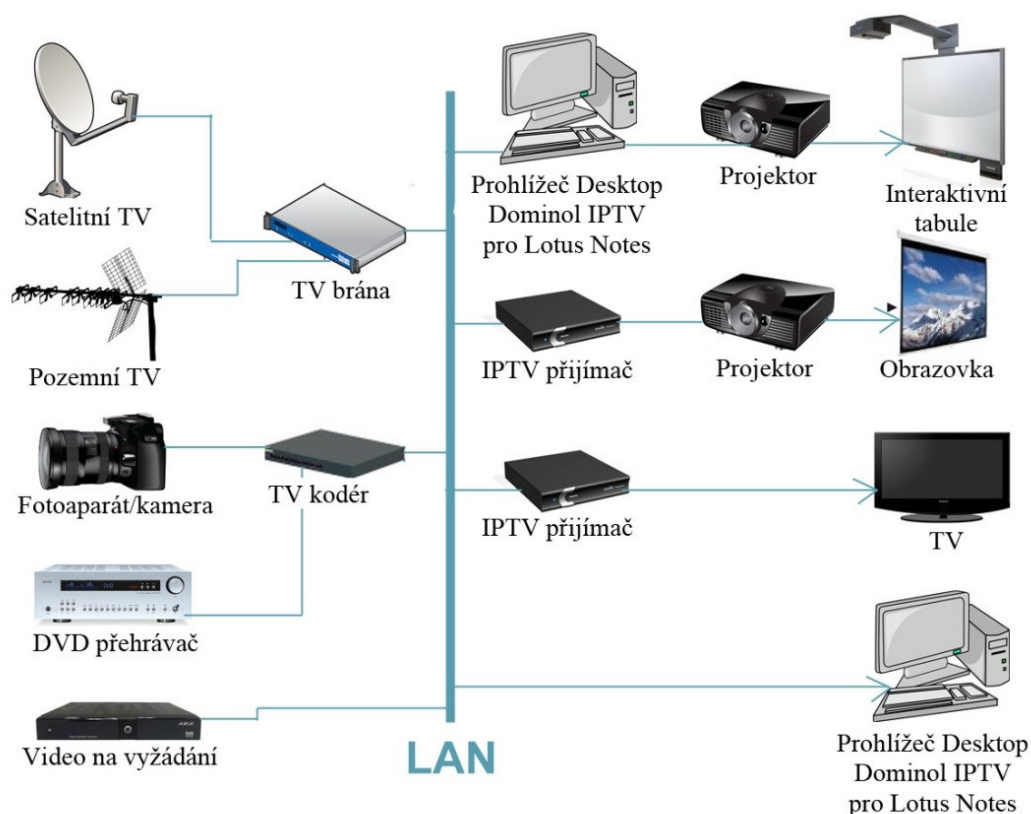
Existují různé typy IPTV, jako Telco IPTV a místní nebo stavební IPTV. Telco IPTV je určeno pro poskytování televizních programů přes poskytovatele telekomunikačních služeb, jako je internet, telefon a kabely využívající IP. Televizní programy jsou poskytovány přes IP síť ve stejné době, kdy jsou poskytovány internetové nebo telefonní služby. Navíc, obsah videa je realizován prostřednictvím stejného drátu, jako TELCO internetové služby, provádí kvalitu služeb mechanismů na jejich síti a zajišťuje, že přenos bude spolehlivý. Místní IPTV je navržena pro dodávání televizních programů a televizního obrazu napříč budov a areálů přes lokální síť LAN.

Televizní obrazy jsou dodávány přímo do budovy místní sítě LAN a uživatel může sledovat televizní kanály na televizoru nebo obrazovce počítače skrz budovy LAN sítě [3].

IPTV má následující schopnosti [7]:

- IPTV obsahuje možnost pozastavení nebo úplného zastavení přímého přenosu využívající IPTV set-top box, tudíž zákazník může sledovat televizní program později, bez jakékoliv ztráty části programu,
- IPTV zaznamenává programy, které lze přehrát v kterémkoliv čase. Uživatel také může nahrávat více programů záraz,
- IPTV zajišťuje nejvyšší kvalitu obrazu a obrazu v případě, že internetové připojení je kvalitní a rychlé. Živé a před nahrané kanály TV programů mohou být sledovány přes IPTV, proto uživatelé neunikne žádný z jeho oblíbených seriálů,
- Od doby, kdy IPTV služba je poskytována skrz internet, změny počasí nemají vliv na běh systému. Z tohoto důvodu, systém může zajistit normální přenos vysílání, zatímco prší, je zamračeno nebo větrno.

Na Obr. 1 je znázorněno, jak je IPTV systém sestaven, a jak shromažďuje obsah, jako audio, data a video nebo triple-play služby z různých zdrojů. Obsah se převede do podoby, kterou je možno řídit a distribuovat. Obsah médií může být uložen, přepraven a rozeslán v konkrétním čase. Různé programy jsou poskytovány těm uživatelům, kteří mají internetové připojení pomocí IPTV. IPTV set-top box převádí IPTV do televize nebo obrazovku počítače pro prohlížení.



Obr. 1: IPTV systém [7].

2.1 IP pro IPTV

Internetový protokol neboli IP je společný protokol poskytující údaje o vysílacím mechanismu pro správu paketových toků mezi zařízeními připojenými k internetu. Je to také standardní metoda pro formátování datových paketů pro velké sítě, jako je internet, kde paket je definován jako soubor informací a může být zaslán v definovaném formátu přes IP síť. V IPTV systému se video rozděluje na více IP paketů a poté jsou tyto pakety zaslány přes IP síť [7].

Internetový protokol je široce využíván v různých sítích, jako jsou LAN, Wi-Fi sítě a telefonní sítě. V některých vyspělých zemích, mnoho lidí používá ve svých domech, širokopásmové sítě. V důsledku toho, poskytovatelé vide služeb, nemusí vytvářet svou vlastní síť, ale mohou využívat stejnou síť pro poskytování služeb. V dnešní době se IP sítě vyskytují všude po světě, tudíž uživatelé s vysokorychlostním připojením k internetu, rapidně roste. IP je vynikající síťová technologie pro různé aplikace, jako jsou transakce dat (e-mail či bankovníctví), surfování po internetu, lokální sítě, a mnoho dalšího.

3 Protokoly IPTV

3.1 RTP

RTP je protokol standardizující paketové doručování video dat přes IP síť. Protokol se používá pro streamované kanálů řízené RTSP. Často se používá v systémech proudového přenosu, jako je telefonie, videokonference a push-to-talk systémy. RTCP slouží k řízení RTP relace na základě sledování kvality toku. Zatímco RTP pakety jsou odesílány po milisekundách, RTCP pracuje v řádu sekund a tvoří tak asi jen 5 % přenášených dat. RTCP obvykle využívá port o jedno číslo větší než RTP [8]. Nezaručuje doručení dat ani správné pořadí jednotlivých paketů, ale definuje jejich pořadová čísla, podle kterých mohou multimediální aplikace rozpoznat chybějící pakety. Zakládá se na synchronizaci časového přenosu a zjištění ztráty nebo nesprávného pořadí dat. RTP nejčastěji používá protokol UDP (čísla portů 5004, 5005, 6970), ale může využít i jiné protokoly. Bezpečnou variantu RTP představuje protokol SRTP [16].

3.2 RTSP

RTSP se používá ke kontrole streamovaných médií serverů. RTSP řídí dodávání dat zatímco RTP streamuje kanály. Protokol se používá ke zřízení a kontrolu médií ze serveru k uživateli. Aby bylo možné spustit a zastavit přenos dat, příkazy play a pause usnadňují ovládat přenos souborů ze serveru [9]. Slouží k doručování obsahu formou datového proudu jedno směrového vysílání (Unicast). Jedná se o protokol na úrovni aplikací, který byl vyvinut speciálně pro řízení doručování dat v reálném čase, např. zvukového obsahu nebo obsahu videa. Je implementován prostřednictvím transportního protokolu s opravou chyb. Podporuje ovládací funkce přehrávače (např. zastavení, pozastavení) u indexovaných souborů Windows Media. Protokol RTSP lze použít k vysílání obsahu do počítačů s přehrávačem Windows Media Player 9 Series nebo vyšší nebo službou Windows Media Services 9 Series nebo vyšší. RTSP je protokol řízení, který společně s protokolem doručování dat RTP umožňuje doručování obsahu klientům [17].

3.3 PIM

PIM je sada multicastových směrovacích protokolů zajišťující distribuci dat přes IP síť, jako je internet, WAN a LAN. Protokol je nezávislý a používá směrovací informace poskytované různými

směrovacími protokoly, jako je BGP. V IPTV je tenhle protokol běžně používán ke směrování IPTV multicastových toků mezi sítěmi [10]. Zajišťuje optimální tok paketů multicastového přenosu mezi směrovači. Routery jeho pomocí vytvářejí strom nejkratších cest od momentálních zdrojů vysílání k příjemcům. [18]

Jeho vytváření může probíhat dvěma navzájem protichůdnými metodami:

3.3.1 Hustý režim DM (Dense Mode)

Provoz je implicitně směrován do všech segmentů. Jestliže některý směrovač, na základě protokolu IGMP zjistí, že na svých rozhraních nemá žádného zájemce o příjem dané skupiny, pošle na vyšší úroveň distribučního stromu zprávu PRUNE („prořezávání stromu“). Na jejím základě přestane nadřazený směrovač do dané větve šířit provoz multicastové skupiny. Jestliže se v průběhu času objeví nějaký zájemce o příjem, lokální směrovač se opětovně přihlásí k odběru provozu nebo vyčká, dokud nevyprší platnost zprávy PRUNE a multicastový provoz se začne větví opět šířit [10].

3.3.2 Řídký režim SM (Sparse Mode)

Multicastový provoz se implicitně nešíří nikam, což zabraňuje zbytečnému zahlcování celé sítě multicastovým provozem. Směrovače v případě zjištění výskytu posluchače multicastové skupiny vyšlou ke kořeni stromu žádost o připojení JOIN a větví se tak začne šířit multicastový provoz [10]. Vhodný pro malý počet příjemců ve skupině a pro nepravidelné datové toky. Odesílatelé zasílají multicast pakety na RP. Příjemci se registrují u RP. Směrovače na cestě mohou optimalizovat trasu datového toku od zdroje k příjemci [19].

3.4 IGMP

IGMP se používá k řízení členství v IP multicastových skupinách. Využívá se pro dynamické přihlašování a odhlašování ze skupiny u multicastového routeru ve své lokální síti. Protokol je široce využíván v on-line streamovaných videích a hrách. V IPTV je protokol hlavní součástí multicastové specifikace přes IP síť, z důvodu, aby po připojení k TV kanálu šlo přepnout z jednoho kanálu na druhý. IGMP protokol řeší i situaci, kdy jsou v síti připojeny dva a více multicastových routerů, v takovéto topologii by pak mohlo docházet k šíření nadbytečných informací [11].

IGMP protokoly rozlišujeme podle verze:

3.4.1 IGMPv1 [19]

Obsahuje pouze dvě zprávy:

- **MEMBERSHIP REPORT** - zasílá stanice při přihlášení do skupiny a jako pozitivní odpověď na dotaz směrovače, zda je na segmentu zájemce o danou skupinu. Zasílá se na adresu požadované multicast skupiny.
- **MEMBERSHIP QUERY** – periodicky zasílá směrovač na každém rozhraní pro zjištění, za je na segmentu nějaká stanice se zájmem o nějakou multicastovou skupinu.

Pokud stanice přestane mít zájem o multicast skupinu, přestane na dotaz směrovače odpovídat zprávou MEMBERSHIP REPORT.

3.4.2 IGMPv2

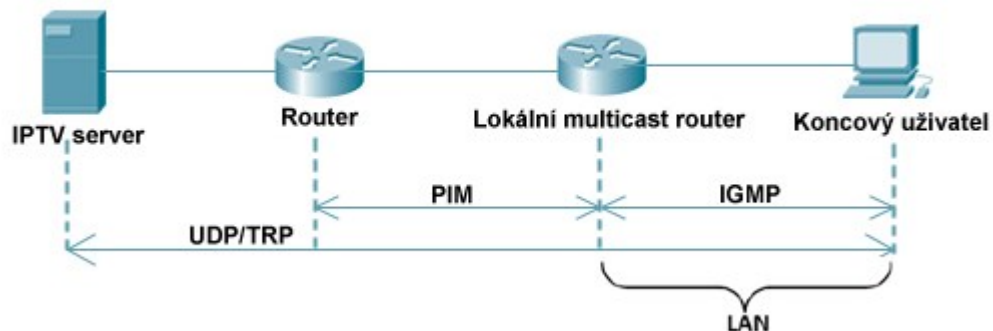
Definované jako RFC 2236, základní verze používaná pro podporu IPTV [11]. Přináší novou zprávu LEAVE GROUP, kterou se stanice může explicitně odhlásit z multicastové skupiny. Výhodou je zkrácení latence odhlašování tedy doby, po kterou je segment zbytečně zahlcován provozem multicastové skupiny, kterou již nikdo neposlouchá. Dalším rozšířením je možnost specifického dotazu na zájemce o jednu konkrétní multicast skupinu ve zprávě MEMBERSHIP QUERY (nikoli jen na zájemce o jakoukoli skupinu, jako v IGMPv1). To je užitečné zejména když router přijme zprávu LEAVE GROUP pro nějakou multicastovou skupinu a chce bezprostředně poté ověřit, zda má ještě stále smysl na segment provoz dané skupiny vysílat [19].

3.4.3 IGMPv3

Definované jako RFC 3376, vylepšení o podporu SSM (Single Source Multicast), jedná se o filtrování podle zdroje, je založeno na myšlence, že stanice, která je členem skupiny, může mít zájem o příjem dat, ale jen od některých členů této skupiny [11].

Pro přihlášení stanice do skupiny musí zaslat přes protokol IGMP zprávu Membership report s IP adresou skupiny třídy D a hodnotou TTL (Time To Live) = 1. Tento způsob užíváme, aby zprávu slyšely pouze ty směrovače, které jsou v lokálním segmentu a nepředávaly ji dál. Jakmile zpráva dorazí k lokálnímu multicast routeru, ten si ji zapíše do tabulky a začne tímto směrem vysílat datový tok [11].

Obohacuje protokol o možnost filtrování požadovaného provozu na základě zdrojových adres. Tím se je možné chránit před nekorektně se chovajícími stanicemi, které multicastovou skupinu nežádoucím způsobem zahlcují. Při žádosti o provoz multicastové skupiny je potom možné explicitně zadat buďto seznam zdrojů, ze kterých mají být zprávy přebírány nebo naopak seznam zdrojů, od nichž mají být zprávy zaslané do multicastové skupiny filtrovány [19].



Obr. 2: Základní struktura pro multicast služby.

3.4.4 IGMP SNOOPING

IGMP Snooping spočítá v tom, že přepínač nahlíží do 3. Vrstvy v přenášených rámcích, a pokud je v ní obsažená zpráva IGMP (Membership report, Leave group), získá z ní potřebnou informaci o příslušnosti MAC adres stanic do jednotlivých multicastových skupin. Tato metoda samozřejmě přepínač zatěžuje a zpravidla má smysl jen v případě, že je realizována hardwarově [19].

4 Komprese

Video je vždy kompresováno během poskytování IPTV služeb přes IP síť. Obecně platí, že komprese znamená snížení množství bitů potřebných pro reprezentaci video obrazu. V důsledku toho, komprimovaná videa redukuje požadovanou šířku pásma pro přenos přes kabelovou televizi nebo satelitní televizi. Komprese videa je nejúčinnější způsob, jak doručit lepší kvalitu videa přes IP síť. Hlavními důvody pro použití komprese v IPTV systémech je hned několik. Jeden z hlavních důvodů je ten, že komprimované streamy mohou být doručovány přes nízkou rychlost připojení k internetu, zatímco nekomprimované streamy nelze doručit přes pomalé připojení k internetu. Druhým důvodem je, že video a audio soubory zabírají podstatně méně místa na disku.

4.1 Používané kodeky pro IPTV

Kodek obecně znamená systém pro kódování a dekódování digitálního signálu. Kodeky se dělí na bezztrátové, kde komprese umožňuje zachovat plnou kvalitu videa. Avšak pro IPTV se nejčastěji používá ztrátová komprese, kde dochází k částečnému zhoršení kvality, aby se dosáhlo, co nejmenšího objemu dat pro následný přenos. Standarty ztrátové komprese jsou MPEG-1/, MPEG-2, MPEG-4, JPEG [6].

4.1.1 JPEG

Standard JPEG je určen pro kompresi dat statických obrazů (fotografie, rentgenové snímky v lékařství, meteorologie aj.). Umožňuje komprimaci dat s kompresním faktorem 8 až 15. Standard JPEG lze použít i pro pohyblivé obrazy s malým stupněm komprimace (cca 2) bez jakýchkoliv doplňků [20].

4.1.2 MPEG/1

Standard MPEG 1 je používán pro komprimaci datového toku pohyblivých obrazů. Kvalita je blízká VHS (Video Home System) s datovým tokem jako CD (Compact Disc) do 1.5 Mbit/s. Používáno pouze pro aplikace nahrávání na datová média, ale ne pro televizní vysílání [21]. Přebírá většinu principů ze standardu JPEG (DCT, kvantování, VLC). Navíc však definuje tři typy snímků s různým zpracováním. Referenční snímky I (Intraframe Coded Frames) opakuji se obvykle po 12 snímcích. Snímky P (Predicated Frames) jako dopředná jednosměrná predikce, kterou je snížena bitová rychlost dvakrát. Snímky B (Bidirectionally Coded Frames)

jako obousměrná predikce, kterou se snižuje bitová rychlost až osmkrát. Pro predikci musí být v paměti uloženy snímky, z nichž se předpovídá a proto je nutno změnit jejich sled proti sledu snímání [20].

4.1.3 MPEG-2

MPEG-2 je jedním z nejpoužívanějších kompresních standardů. Byl schválen v roce 1994 a je postaven na MPEG-1. Výhodou standardu MPEG-2 je, že je vhodný pro kódování progresivního i prokládaného videa. Používá se k šíření digitálního televizního signálu, jako jsou DVB-T (Digital Video Broadcasting - Terrestrial), DVB-S (Digital Video Broadcasting - Satellite) a DVB-C (Digital Video Broadcasting - Cable). Definiuje syntaxi toku bitů a vlastnosti přijímače. MPEG-2 obsahuje různorodé profily a úrovně. Kombinací odlišných parametrů, jako je rozlišení, znamenající počet řádků a pixelů, vzorkovací frekvence, počet snímků za sekundu a další. Je určen pro přenosovou úroveň v ISO/OSI. Pakety a multiplexace programů, ochrana proti chybám. Datový tok může obsahovat až 20 programů i více. Podporuje kódování a přenos SDTV i HDTV [21].

4.1.4 MPEG-4

Nejnovější, dnes nejpoužívanější kompresní standard určený pro široké škály aplikací, v rozmezí od mobilního videa na HDTV. Dosahuje vysoké komprese až o 30% větší než u MPEG-2, za pomoci vyšší hardwarové náročnosti. Z tohoto důvodu ji nelze použít na starším zařízení, i přesto je široce využívána. Obsahuje řadu nových funkcí, které umožňují účinněji kompresovat video než u starších norem s větší flexibilitou pro aplikace. Standard je interaktivní, s vysokým stupněm komprese, podporuje jak reálné, tak syntetické objekty, je určený pro přenosy po linkách s rychlostí přenosu 4,8 – 64 kbit/s a pro filmové aplikace do 4 Mbit/s. Definiuje audiovizuální scénu jako soubor audiovizuálních objektů různého tvaru, které mezi sebou mají časovou a prostorovou vazbu. To je největší rozdíl od standardů MPEG 1 a MPEG 2, kde je audiovizuální scéna rozdělena na videosekvenci obrázků s přidruženým zvukem. Vysoká komprese je založena na analýze obrazové a zvukové informace. MPEG 4 obsahuje mnoho algoritmů kódování, které jsou založeny na rozdělení scény na tzv. obrazové objekty. Oddělené kódování obrazových objektů umožňuje snadnou manipulaci s vybranou obrazovou informací. Obraz i zvuk se kóduje odděleně, což přináší výhodu při dekódování. Vybraný objekt se může dekódovat v nezměněném tvaru nebo se změněnými vstupními parametry jako jsou posun, přiblížení, vynechání nebo vložení jiného objektu[20].

5 Metody pro stanovení kvality IPTV

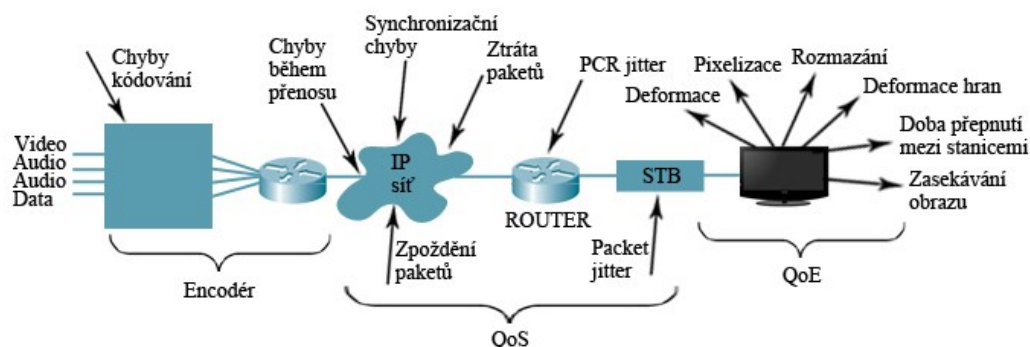
Stanovení kvality IPTV můžeme rozdělit na dvě části, a to subjektivní a objektivní metodu. Subjektivní metod je hlavním klíčem k úspěchu, neboť je to kvalita vnímaná uživatelem. Pokud bude kvalita nedostačující a špatná, zákazník to uvidí na první pohled a vybere si jiný způsob příjmu televizního vysílání. Z tohoto důvodu je nutné zajistit, aby byl obraz čistý, kvalitní a bez výpadků [12]. Hodnocení kvality IPTV služby je ovlivňováno aktuálním stavem parametrů v datové síti (QoS), která přenáší video toky. Tahle kvalita služeb (QoS) se určuje z technických vlastností sítě a zároveň dovoluje poskytovatelům IPTV garantovat a kontrolovat kvalitu nabízených služeb. Jelikož přenášené video toky mohou být v různých formátech (SDTV, HDTV) a s použitím různé komprese (MPEG-2, MPEG-4/H.264), datový signál má různé nároky na přenos v datové síti.

V Tab. 1 vidíme různé deformace obrazu a zvuku způsobené při přenosu video toku skrz datovou síť.

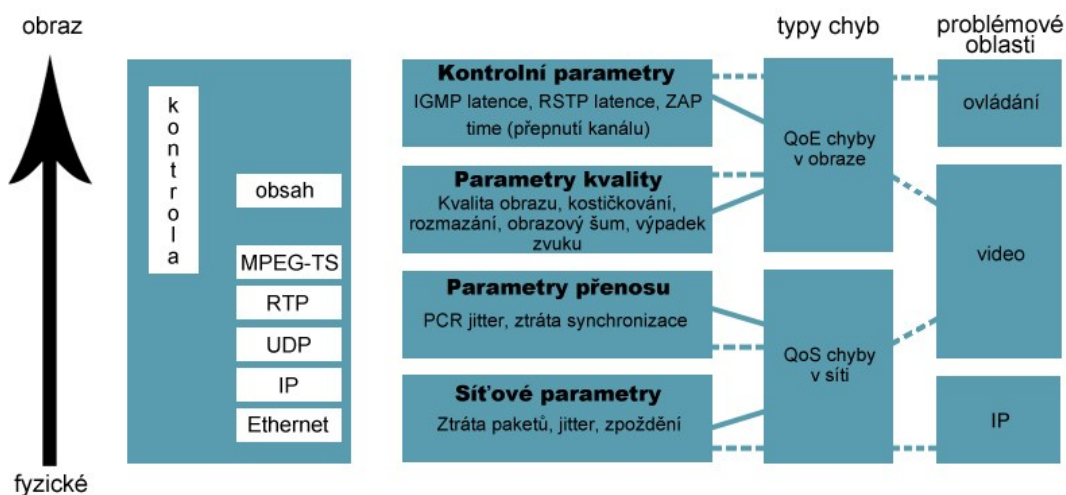
	Deformace	Možná příčina
Deformace zvuku	Ztráta synchronizace zvuku a obrazu (Lip Sync)	Ztráta synchronizace mikrofону, špatné A/V multiplexování, chyba set-top boxu
	Šum ve zvuku	Ztráta paketů
	Ztráta zvuku	Ztráta paketů
Deformace videa	Kostičkování obrazu – Typ 1	Ztráta paketů, malá přenosová rychlost
	Trhání obrazu	Ztráta paketů, vysoký jitter, chybný systémový čas, ztráta synchronizace
	Zamrznutí obrazu	Hlavně ztráta paketů, vysoký jitter, chybný systémový čas, ztráta synchronizace
	Žádný obraz	Výpadek příjmu video signálu, přílišná ztráta paketů, ztráta synchronizace
	Rozostření obrazu	Chyba kodéru, set-top boxu, kamery
	Šum v obraze	Chyba kodéru, set-top boxu, kamery

Tab. 1: Deformace [2].

Na Obr. 3 a Obr. 4 je znázorněno, v jakých místech a jaké chyby mohou nastat na přenosové cestě při distribuci video toku k uživateli a jaké jsou následky na výsledný obraz a zvuk.



Obr. 3: Kvalita prožitku a služeb [2].



Obr. 4: Problémy při přenosu [2].

5.1 Kvalita služeb QoS

Přenášený video tok požaduje dodržování následujících parametrů: dostatečnou šířku pásma, malou ztrátovost paketů, malé kolísání zpoždění. Dojde-li ke změně hodnoty jakéhokoliv parametru, dojde i ke zhoršení kvality služeb u koncového uživatele. Vzniklé problémy řeší právě QoS parametr, který zaručuje uživateli co nejlepší kvalitu služby. Zajišťuje přidělení dostatečných

prostředků používané sítě tak, aby umožňovaly poskytnout danou službu v kvalitě garantované poskytovatelem [2].

5.1.1 Celkové zpoždění (latency)

Je to čas, který uplyne od odeslání zprávy zdrojovým uzlem po přijetí zprávy na uzlu cílovém. Vliv na video: Výpadky obrazu, ztráta signálu. Vliv na zvuk: Výpadky při spojení, prodleva.

5.1.2 Změna pořadí paketů (packet order)

Je přímým důsledkem zpoždění i principem individuálního směrování každého paketu.

5.1.3 Kolísání zpoždění (jitter)

Variabilita v doručování paketů cílovému uzlu (ve zpoždění při přenosu). Způsobuje přetečení nebo podtečení vyrovnávací paměti v set-top boxu. Vliv na video: Výpadky obrazu, poskakování obrazu, změna jasu. Vliv na zvuk: Šum, praskání, zkreslený hlas.

5.1.4 Ztrátovost paketů (packet loss)

Je průměrný počet ztracených paketů za určité období vyjádřený v % vzhledem k celkovému počtu přenesených paketů. Vliv na video: Výpadky obrazu, ztráta signálu, zrnitost. Vliv na zvuk: Šum, praskání, zkreslený hlas, ztráta spojení.

5.1.5 Propustnost (bandwidth)

Udává kapacitu přenosového kanálu. Je výchozím parametrem pro nabídku poskytovaných služeb. Kapacita kanálu C vyjadřuje maximální množství informace přenesené za jednotku času.

5.1.6 Zpoždění (delay)

Je zpoždění proměnné velikosti a vzniká naplněním paketů do fronty na odchozí interface. Uvádí se v [ms].

Třída služby	Charakteristika služby	CoS ID	Základní provozní vlastnosti
Premium	IP telefonie v reálném čase nebo IP video aplikace	6, 7	Delay < 5 ms Jitter < 1 ms Loss < 0,002 %
Silver	Přenos důležitých datových souborů s kolísavým zatížením, vyžadující nízké ztráty a malé zpoždění	4, 5	Delay < 5 ms Jitter = N/S (není specif.) Loss < 0,01 %
Bronze	Přenos dat s kolísavým profilem zátěže a potřebou zaručit jistou šířku pásma	3, 4	Delay < 15 ms Jitter = N/S (není specif.) Loss < 0,5 %
Standart	Best effort service	0, 1, 2	Delay < 30 ms Jitter = N/S (není specif.) Loss < 0,5 %

Tab. 2: Základní provozní vlastnosti podle třídy služeb (Metro ethernet) [2].

6 Subjektivní metody hodnocení

Tyto metody jsou založeny na dojmu, který je zanechán na uživateli po zhlédnutí videozáznamu. Nejvýznamnější výhodou subjektivního hodnocení je to, že dokáže popsat, jak je technická kvalita obrazu vnímána člověkem. Typické kroky spojené se subjektivním hodnocením kvality IPTV služby zahrnuje [2]:

- určení video sekvencí pro testování,
- vybrání konfiguračních parametrů,
- nastavené testovaného prostředí v souladu s požadovanými konfiguračními parametry,
- shromáždění lidí pro provedení testu,
- provedení testu a zaznamenání výsledků.

6.1 Stupnice MOS

U stupnice MOS se nejprve sestaví série krátkých videí určených pro provedení testu. Pak se určí sestava parametrů, které bude vybraná skupinka lidí, hodnotit. Jakmile najdeme vhodnou skupinu osob a přívětivé prostředí, může být zahájeno testování. Skupina lidí číselně hodnotí dojem z pozorovaného videa podle stupnice zobrazení v Tab. 3. Výsledná hodnota MOS je poté zprůměrována z naměřených výsledků. MOS hodnocení je definováno ve 4 variantách, viz Tab. 4.

MOS	Kvalita	Znehodnocení
5	Výborná (excellent)	Nepostřehnutelné
4	Dobrá (good)	Postřehnutelné, ale neobtěžující
3	Slušná (fair)	Mírně obtěžující
2	Špatná (poor)	Obtěžující
1	Nevhodná (bad)	Velmi obtěžující

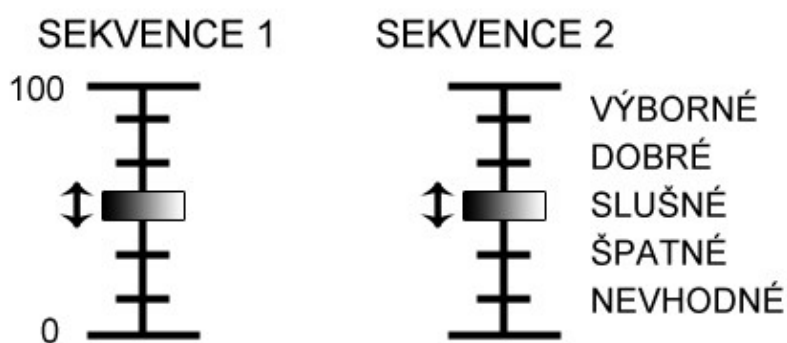
Tab. 3: Mean Opinion Score [2].

Varianta	Hodnocení kvality
MOS-V	Videa
MOS-A	Zvuku
MOS-AV	Zvuku a videa
MOS-C	Dojem z interakce IPTV služeb

Tab. 4: Varianty MOS [2].

6.2 Stupnice DSCQS

Hodnotí se dvojice sekvencí – referenční a testované, ačkoliv uživatel neví, která sekvence je referenční a která testovaná. Při hodnocení je potřeba skupina nejméně 15 uživatelů různých věkových kategorií a profesních skupin s dobrým stavem zraku – zrak je testován ještě před testem za pomoci Smelkova optotstu (uživatel by měl být schopen přečíst poslední řádek ve vzdálenosti 5 metrů). Hodnocení probíhá v náhodném pořadí po velmi krátkou dobu (8 – 10 s). Kvalita je hodnocena podle stupnice v rozsahu 0 – 100 a měla by být popsána slovy: výborná, dobrá, slušná, špatná, nevhodná.



Obr. 5: Spojitá stupnice kvality DCSQS [2].

7 Objektivní metody hodnocení

Objektivní metoda používá k posouzení kvality především matematických výpočtů. Kvalita videosignálu se testuje na základě obrazových snímků s komprimovanou verzí a degradovanou kvalitou signálu. Tato metoda je rychlejší a levnější oproti subjektivní metodě hodnocení kvality. Mezi objektivní metody patří MSE, PSNR, MDI, MPQM, SSIM a další. V mé bakalářské práci se budu zabývat především metodou MSE a SSIM.

7.1 MSE

Metoda MSE (Mean Square Error), představuje střední kvadratickou odchylku přijatého videosignálu od originálního. Tato metoda se počítá vzorcem (1), kde: x_{ij} a y_{ij} představují hodnoty pixelů dvou různých obrázků v rámci jednoho kanálu barvové informace; x je originální obraz, y přijatý obraz, i, j prvky obrazové matice, M počet pixelů na výšku, N počet pixelů na šířku [2]. Pokud máme oba dva obrázky originály, tudíž stejné, hodnota se rovná nule.

$$\text{MSE} = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (x_{ij} - y_{ij})^2 [-] \quad (1)$$

7.2 PSNR

Související metoda PSNR (Peak signal-to-nois ratio), znázorňuje poměr nejvyšší hodnoty signálu vůči hodnotám MSE (1) a udává se v decibelech [2]. Ve výpočtu (2) n značí bitovou hloubku obrazu, což je maximální hodnota, kterou může pixel získat (tedy 255 pro 8 bitů na kanál). Protože mnoho signálů má velmi široké dynamické spektrum, obvykle se PSNR vyjadřuje v logaritmickém měřítku. Typická hodnota PSNR pro komprimované obrázky je mezi 30 a 40 dB, vyšší hodnota znamená kvalitnější obrázek. Pokud se MSE hodnota rovná 0, PSNR je nedefinované. PSNR může být interpretováno jako velmi jednoduchý model Systému lidského vnímání HVS (Human Visual System). Předpokládá se, že HVS je citlivý ke kvadratickým odchylkám mezi referenčním a zkresleným signálem. Tento předpoklad je hrubé zjednodušení reálného HVS. Bylo dokázáno, že PSNR je dobré kritérium vnímání kvality. Korelace s výsledky

subjektivních testů jsou okolo 80 %. To je porovnatelné s některými komplikovanými algoritmy. Proto může být PSNR použito jako indikátor pro kvalitu obrazu [4][5][13].

$$\text{PSNR} = 10 * \log_{10} \frac{(2^n - 1)^2}{MSE} [\text{dB}] \quad (2)$$

7.3 NMSE

NMSE (Normalized Mean Square Error) je normalizovaná střední kvadratická chyba a je určena, jako rozdíl mezi vzorky původního originálního obrázku a jeho zdeformovanou variantou podělená počtem vzorků a maximální amplitudou jednotlivých vzorků [14].

$$\text{NMSE} = \frac{1}{255^2} \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (x_{ij} - y_{ij})^2 [-]$$

7.4 MDI

MDI (Media delivery index) lokalizuje a charakterizuje problémy v síti, které mohou nepříznivě ovlivnit kvalitu přenášeného A/V toku. MDI se zobrazuje jako dvě čísla oddělené dvojtečkou a obsahuje: faktor zpoždění (DF – Delay factor) a poměr ztrátovosti (MLR – media loss rate) [2].

7.4.1 Delay Factor

Je to časová hodnota v milisekundách a udává, jak velká musí být vyrovnávací paměť, aby bylo eliminováno kolísání zpoždění. Běžné set-top boxy eliminují kolísání zpoždění do 9 ms, nejlepší STB až 50 ms. U každého příchozího paketu se počítá rozdíl mezi přijatými a odchozími bajty, což určuje hloubku virtuální paměti MDI (3). Vzorec (4) DF nám říká, že media rate se udává v Bytech/sekundu a $\max(x)$ a $\min(x)$ jsou maximální a minimální hodnoty měřené v intervalu. Maximální přijatelná hodnota DF je 9-50 ms.

$$\Delta = received_bytes - drained_bytes \text{ [B]} \quad (3)$$

$$DF = \frac{\max(\Delta) - \min(\Delta)}{media_rate} \text{ [s]} \quad (4)$$

7.4.2 Media Loss Rate

Je definován jako počet ztracených paketů nebo pakety mimo pořadí za sekundu. Pakety mimo pořadí jsou důležité, protože zařízení nepřeořizují pakety před doručení k dekodéru. Nenulový MLR nepříznivě ovlivňuje kvalitu videa a může představovat deformovaný obraz nebo špatně přehrané video [2]. Vzorec (5) pro výpočet MLR se vypočítá odečtením počtu přijatých paketů v průběhu intervalu od počtu očekávaných paketů během intervalu 1 s.

$$MLR = \frac{Expected - Received}{Interval_time_in_seconds} [-] \quad (5)$$

7.5 MPQM

Moving Pictures Quality Metric se používá pro posouzení kvality komprimovaného video toku MPEG. Zahrnuje technologie, která kopíruje prožitek lidského pozorovatele a hodnotí na stupnici od 1 do 5 [2].

7.6 SSIM

Metoda SSIM (Structural similarity index), zohledňuje lidský vizuální systém. Vyjadřuje podobnost dvou obrazů, kde porovnává jas, kontrast a strukturální podobnost originálního s přijatým snímkem a slučuje je do jedné konečné hodnoty, která určuje kvalitu testovací sekvence.

SSIM vylepšuje MSE a PSNR, které se ukázaly být v rozporu s lidským vnímáním. Referenční hodnoty SSIM jsou v intervalu $[0,1]$, kde 0 znamená nulový vztah k originálnímu obrázku a 1 je docíleno při porovnání dvou totožných obrázků. Tato metoda se počítá vzorcem (6), kde: $l(x, y)$ porovnává jas signálu (7), $c(x,y)$ porovnává kontrast signálu (8) a $s(x,y)$ měří strukturální korelaci (9).

$$SSIM(x,y) = [l(x,y)]^\alpha [c(x,y)]^\beta [s(x,y)]^\gamma \quad (6)$$

$$l(x,y) = \frac{2\mu_x\mu_y + C_1}{\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1}, \quad (7)$$

$$c(x,y) = \frac{2\sigma_x\sigma_y + C_2}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2}, \quad (8)$$

$$s(x,y) = \frac{\sigma_{xy} + C_3}{\sigma_x\sigma_y + C_3}, \quad (9)$$

kde μ_x a μ_y představuje průměr ze vzorků x a y (10) (11), σ_x a σ_y představuje rozptyl ze vzorků x a y (12)(13). [2]

$$\mu_x = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \quad (10)$$

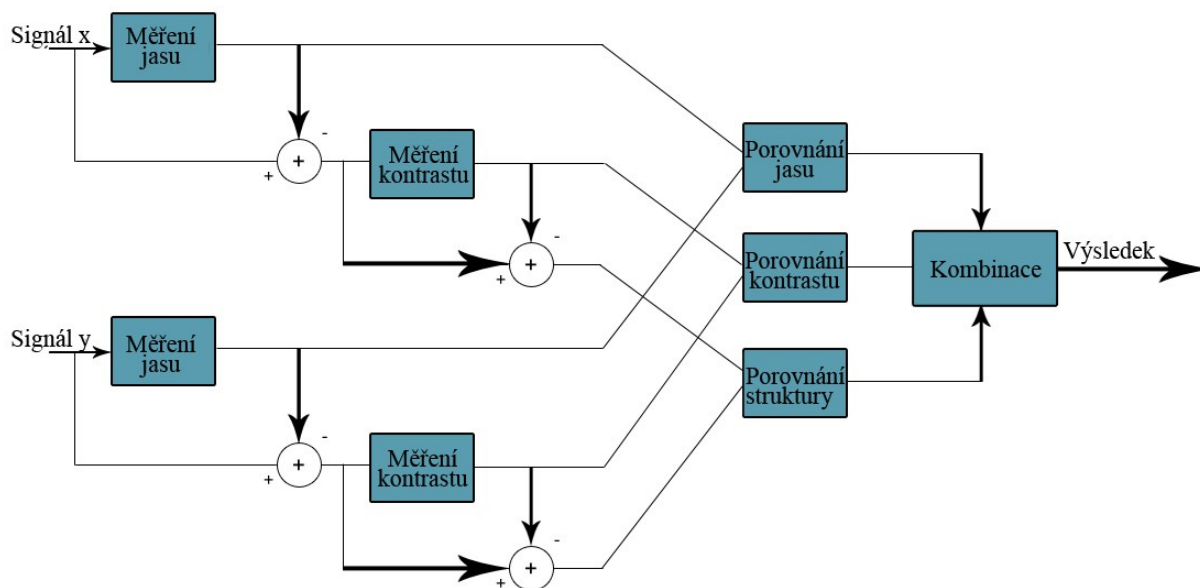
$$\mu_y = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \quad (11)$$

$$\sigma_x = \left(\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu_x)^2 \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (12)$$

$$\sigma_y = \left(\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \mu_y)^2 \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (13)$$

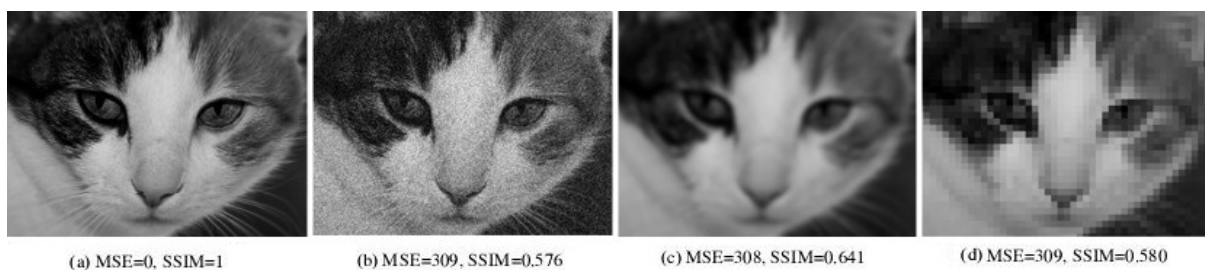
kde σ_{xy} představuje kovarianci vzorků x a y . Konstanty C_1, C_2, C_3 se užívají ke stabilizaci v případě, že průměr a rozptyl jsou velmi malé. Parametry $\alpha > 0$, $\beta > 0$ a $\gamma > 0$ se používají k nastavení relativní důležitosti ze tří složek. Pro zjednodušení SSIM je užíváno toto nastavení parametrů ($\alpha = \beta = \gamma = 1$ a $C_3 = C_2/2$), pak vzorec (6) bude vypadat zjednodušeně dle vzorce (14) [2].

$$SSIM(x, y) = \left(\frac{2\mu_x\mu_y + C_1}{\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1} \right) * \left(\frac{2\sigma_x\sigma_y + C_2}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2} \right) \quad (14)$$



Obr. 6: Blokové schéma pro výpočet metody SSIM [2].

Na Obr. 7 můžeme vidět vstupní obraz s parametry $MSE=0$ a $SSIM=1$ a postupně finální podobu obrazu se změnami parametrů.



Obr. 7: Změny parametrů MSE a SSIM.

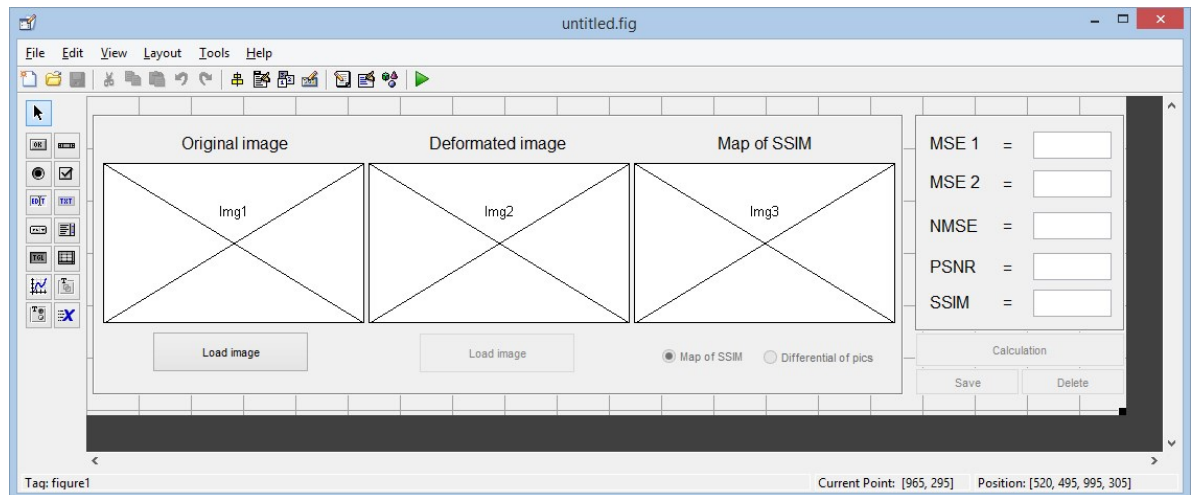
8 Realizace v programu Matlab

Matlab je výkonné a interaktivní prostředí pro vědecké výpočty a vizualizaci dat. Integruje numerickou analýzu, maticové výpočty, zpracování signálu a grafiku do uživatelsky příjemného prostředí, kde se problémy řešení zapisují stejně jako v matematice – bez tradičního programování [15].

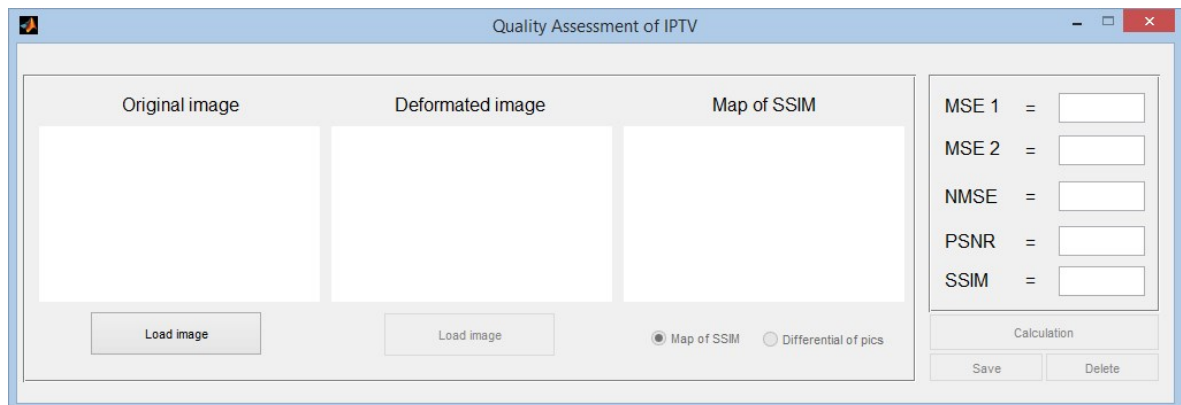
V programu Matlab bylo nejprve vytvořeno uživatelské rozhraní GUI, design programu. Následně všechny prvky z GUI prostředí (push buttony, radio buttony...), byly naprogramované v editoru v příslušných callback funkcích. Hlavní částí programu bylo implementování vzorců na výpočty parametrů objektivního hodnocení kvality IPTV – MSE, NMSE, PSNR a SSIM. Pro ověření správnosti výpočtů, na doporučení vedoucího práce, byl stažen program MSU Video Quality Measurement Tool, kde se hodnoty rovnaly s hodnotami z mého programu. Nakonec je v programu vytvořena možnost uložení výsledků do souboru.

8.1 Uživatelské rozhraní GUI

V uživatelském rozhraní GUI můžeme vybírat z široké škály grafických prvků od obyčejného textu, kolonek na výpis textu, tlačítek, výběr možností, apod. Na Obr. 8, vidíme vytvořené GUI, kde jsou vloženy push buttony sloužící pro načtení obrázků z PC, výpočet parametrů, mazání údajů a uložení do souboru. Dále jsou zde radio buttony na výběr vykreslení obrázku, obyčejný text na popisky, kolonky na výpis vypočtených hodnot a tři grafy, kde se vykreslují obrázky. Na tlačítkách je nastaveno zneviditelnění, Obr. 9, tudíž po spuštění programu nám je zpřístupněno pouze tlačítko Load image pro načtení prvního originálního obrázku. Poté se zpřístupní druhé tlačítko Load image pro načtení druhého zdeformovaného obrázku. Následně je zpřístupněno tlačítko pro výpočet Calculation a nakonec i vymazání okna Delete, uložení výsledků do souboru Save a Radio buttony pro výběr vykreslení obrázků.



Obr. 8: Uživatelské rozhraní GUI.



Obr. 9: Program po spuštění.

8.2 Výběr a načtení obrázků

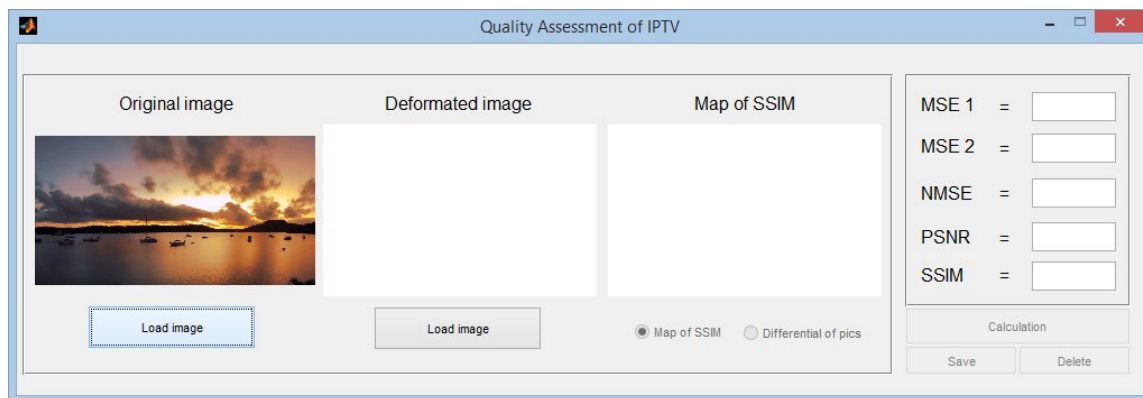
Do Callbacku obou tlačítek pro vybrání a načtení obrázků z PC, byl použit stejný kód, a to:

```
%-----
% PUSH BUTTON - LOAD ORIGINAL IMAGE
%-----
% --- Executes on button press in pushbutton1.

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
[a b]=uigetfile({'*.png;*.bmp;*.jpg','All Image Files'});  
  
axes(handles.Img1);  
  
imshow([b a]);  
  
global orgImg1;  
  
orgImg1=imread([b a]);  
  
set(handles.pushbutton2,'Enable','on');
```

Obrázky můžeme vybírat z kteréhokoliv místa v počítači a taktéž můžeme načítat různé typy formátů. Načtené obrázky se nám vkládají do příslušných grafů a následně jsou zobrazeny. V nastavení máme ověřené postupné zviditelnění/zpřístupnění tlačítek. Např. po načtení prvního originálního obrázku, se nám zviditelní druhé tlačítko pro načtení zdeformovaného obrázku, Obr. 10. Po načtení druhého obrázku, se nám zviditelní tlačítko Calculation pro výpočty, Obr. 11.



Obr. 10: Načtení prvního obrázku.



Obr. 11: Načtení druhého obrázku.

8.3 Kalkulace výpočtů

8.3.1 Proměnné

Jako první byly nadefinované globální proměnné, s kterými se bude pracovat.

```
%-----
% Global variables
%-----

global orgImg1;
global orgImg2;
global mseText;
global mse2Text;
global PSNRText;
global NMSEText;
global image11;
global width_text;
global height_text;
global mssim;
global ssim_map;
```

8.3.2 MSE výpočet

Výpočet MSE je v programu vytvořen dvakrát, a to z důvodu ověření správnosti výpočtu. Barevné obrázky jsou převedeny do černobílé podoby, jelikož MSE počítá s černobílými obrázky. Kód zjišťuje rozměry obrázku a prochází každý pixel, jak na šířku, tak na výšku. Výsledkem je podíl celkové sumy, šířkou * výškou obrázku. Výsledek je vypsán do příslušné kolonky.

```
%-----  
  
% MSE (2)  
  
%-----  
  
[width height z]=size(orgImg1);  
  
width_text=height;  
  
height_text=width;  
  
img1=0;  
  
img2=0;  
  
sum=0;  
  
sum1=0;  
  
img1bw=rgb2ycbcr(orgImg1);  
  
img2bw=rgb2ycbcr(orgImg2);  
  
for i=1:width  
    for j=1:height  
        img1=double(img1bw(i,j));  
        img2=double(img2bw(i,j));  
        sum1=(img1-img2).^2;  
        sum=sum+sum1;  
    end  
end
```

```
mse2=sum/(width*height);  
  
mse2Text=mse2;  
  
set(handles.edit2, 'String', mse2);
```

8.3.3 NMSE výpočet

Pro NMSE výpočet je důležitý výpočet MSE. NMSE se vypočítá jako podíl MSE s 255^2 .

```
%-----  
% NMSE  
%-----  
  
NMSE=mse/255^2;  
  
NMSEText=NMSE;  
  
set(handles.edit3, 'String', NMSE);
```

8.3.4 PSNR výpočet

Metoda vychází z výpočtu hodnoty MSE a znázorňuje poměr nejvyšší hodnoty signálu vůči hodnotám MSE. Počítá se zde s bitovou hloubkou obrazu, což je maximální hodnota, kterou může pixel získat (tedy 255 pro 8 bitů na kanál).

```
%-----  
% PSNR  
%-----  
  
PSNR=20*log10(2^8-1)-10*log10(mse2);  
  
PSNRText=PSNR;  
  
set(handles.edit4, 'String', PSNR);
```

8.3.5 DELTA výpočet

Výpočet nám vykreslí rozdílový obrázek mezi originálním a přijatým zdeformovaným obrázkem. Hodnota je průměrný rozdíl barevných složek. [1]

```
%-----  
  
% DIFFERENCIAL OF PICS  
  
%-----  
  
image11=(orgImg1-orgImg2)*10;
```

8.3.6 SSIM volání výpočtu

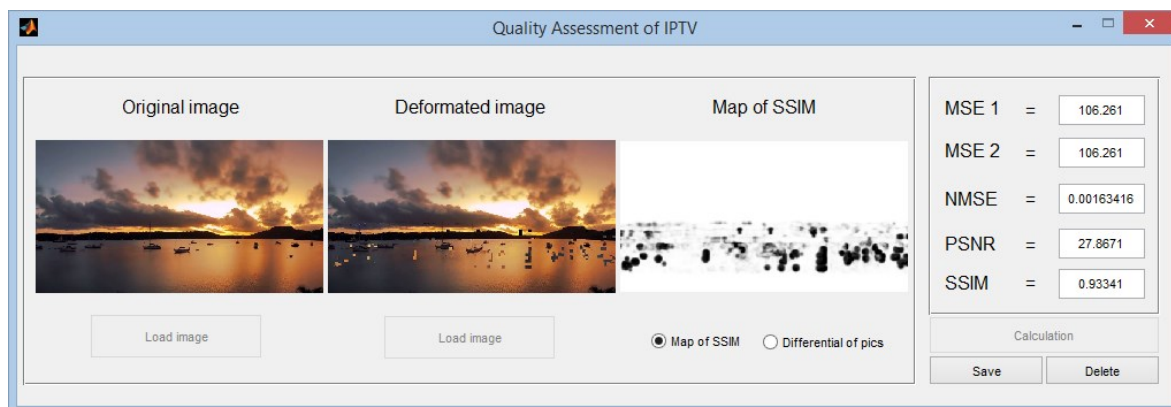
Jelikož SSIM kód je poměrně rozsáhlý, na ukázkou vkládám pouze kód na zavolání výpočtu.

mssim -je poměrná hodnota indexu mezi dvěma obrázky – pokud je jedna kvalita obrázku považována za dokonalou, pak mssim měří kvalitu druhého obrázku.

ssim_map – je mapa testovacího obrazu a má menší velikost, než vstupní obrazy. Skutečná velikost závisí na velikosti okna a pře vzorkovacím faktoru.

```
%-----  
  
% SSIM - calling the function  
  
%-----  
  
[mssim, ssim_map] = ssim(rgb2gray(orgImg1), rgb2gray(orgImg2));  
  
set(handles.edit8, 'String', num2str(mssim));  
  
  
handles.output = hObject;  
  
axes(handles.Img3);  
  
imshow(ssim_map);  
  
  
return
```

Po zmáčknutí tlačítka Calculation, se provede výpočet, zpřístupní se tlačítko na uložení Save a tlačítko na vymazání okna Delete, zároveň se znepřístupní tlačítko na načítání obrázků, Obr. 12. Jakmile uživatel zmáčkne tlačítko vymazání, tlačítko na načtení prvního obrázků, se opět zpřístupní.

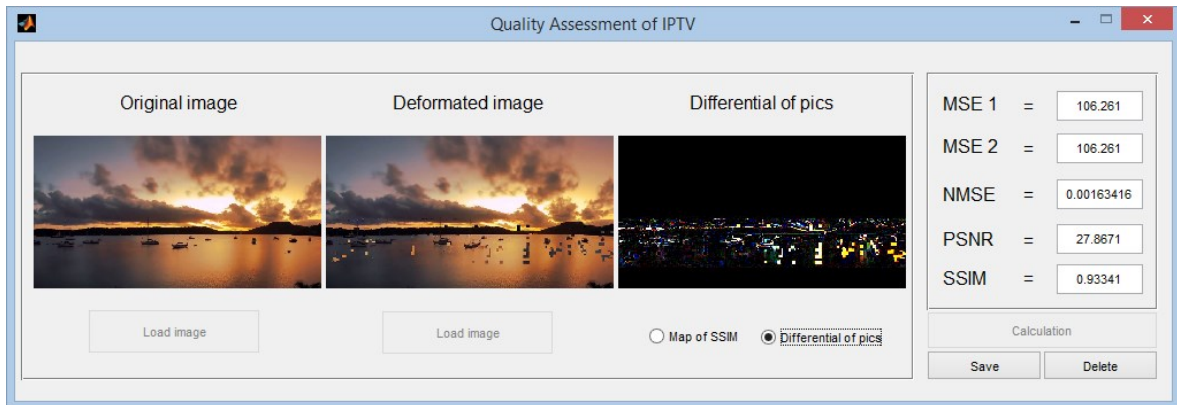


Obr. 12: Výpočet a vykreslení SSIM.

8.4 Výběr a vykreslení obrázků

8.4.1 SSIM map

V programu je nastavené, že pokud je označená možnost první (Map of SSIM), druhá možnost (Differential of pics), je bez označení. Nelze označit obě možnosti zároveň. Po spuštění programu nebo po zmáčknutí tlačítka vymazání, je defaultně nastavené označení mapy SSIM, což můžeme vidět na Obr. 12. Pokud označíme druhou možnost, do stejného místa se vykreslí rozdílový obrázek. Mění se i text nad grafem k příslušnému vykreslenému obrázku, Obr. 13.



Obr. 13: Výpočet a vykreslení rozdílového obrázku.

```
%-----
% RADIO BUTTON (1) - SSIM
%-----

% --- Executes on button press in radiobutton1.

function radiobutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)

global ssim_map;

radiobutton1=get(hObject, 'Value');

if radiobutton1==1

    set(handles.radiobutton2, 'Value', 0);
    handles.output = hObject;
    axes(handles.Img3);
    imshow(ssim_map);
    set(handles.text20, 'String', 'Map of SSIM');

else
```



```
set(handles.radiobutton1, 'Value', 0);

end
```

8.5 Vymazání okna

8.5.1 Vymazání kolonek s hodnotami

```
%-----

% PUSH BUTTON - DELETE

%-----

% --- Executes on button press in pushbutton7.

function pushbutton7_Callback(hObject, eventdata, handles)

set( handles.edit1, 'String', '')

set( handles.edit2, 'String', '')

set( handles.edit3, 'String', '')

set( handles.edit4, 'String', '')

set( handles.edit8, 'String', '')
```

8.6 Vymazání obrázků

```
%-----

% PUSH BUTTON - DELETE

%-----

% --- Executes on button press in pushbutton7.

function pushbutton7_Callback(hObject, eventdata, handles)

axes ( handles.Img1 );

imshow('background.jpg');

axes ( handles.Img2 );
```

```
imshow('background.jpg');  
  
axes ( handles.Img3 );  
  
imshow('background.jpg');
```

8.7 Uložení do souboru

8.7.1 Tisk obrázků

Uložení obrázků do souboru se provádí přes subploty, kde čísla v závorce znamenají (počet sloupců, počet řádků, pozice):

```
subplot(3,3,4);  
  
imshow(orgImg1);  
  
subplot(3,3,5);  
  
imshow(orgImg2);  
  
subplot(3,3,6);  
  
imshow(image_tisk);
```

Uložení třetího vybraného obrázku (Mapa SSIM nebo rozdílového obrázku), se musí ověřit podmínkou, která nám zjišťuje, který radio button je označený.

```
radiobutton1=get(handles.radiobutton1, 'Value');  
  
if radiobutton1==1  
  
    image_tisk=ssim_map;  
  
    text_tisk='Map of SSIM';  
  
else  
  
    image_tisk=image11;  
  
    text_tisk='Diferential of pics';  
  
end
```

8.7.2 Tisk textu

Při tisku textu jsme si museli nastavit tři řádky na vypsaní textu. Pokud bychom nechali veškerý text na jednom řádku, nevlezl by se nám na tiskovou plochu. Do textu se nám vkládá zjištěná velikost obrázků a všechny parametry s jejich vypočtenými hodnotami.

```
str1(1) = {horzcat('Comparasion of original image and deformed
image. All images have', num2str(width_text), 'x', num2str(height_text), '
size. (a) Original Image, ')};

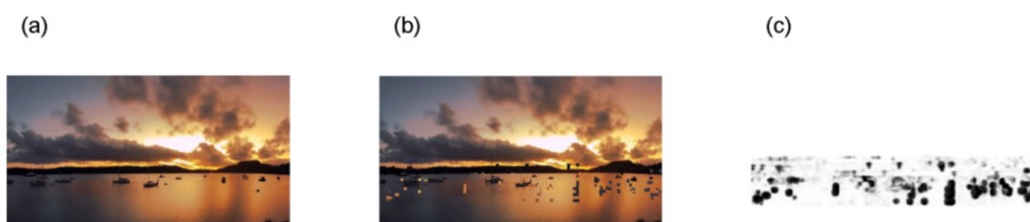
str1(2) = {horzcat('(b) Deformed image, (c) ', text_tisk, '.
Parameters with values: MSE = ', num2str(mseText), '; NMSE =
', num2str(NMSEText), ';')};

str1(3) = {horzcat('PSNR = ', num2str(PSNRText), '; SSIM =
', num2str(mssim), '.')};
```

```
text(0.05, 1.0, str1, 'FontSize', 9, 'fontWeight', 'normal');
```

8.7.3 Uložení do souboru

Po zmáčknutí tlačítka Save, se nás program zeptá, kam chceme soubor uložit. Výsledný soubor uložení máme buď s SSIM mapou, Obr. 14, nebo s rozdílovým obrázkem, Obr. 15.



Comparasion of original image and deformed image. All images have 851x453 size. (a) Original Image, (b) Deformed image, (c) Map of SSIM. Parameters with values: MSE = 106.2612; NMSE = 0.0016342; PSNR = 27.8671; SSIM = 0.93341.

Obr. 14: Uložení do souboru – SSIM mapa.

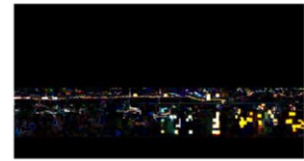
(a)



(b)



(c)



Comparasion of original image and deformed image. All images have 851x453 size. (a) Original Image, (b) Deformed image, (c) Diferential of pics. Parameters with values: MSE = 106.2612; NMSE = 0.0016342; PSNR = 27.8671; SSIM = 0.93341.

Obr. 15: Uložení do souboru – Rozdílový obrázek Delta.

9 Závěr

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou hodnocení kvality IPTV, zejména objektivního hodnocení kvality, které je následovně implementováno do programu Matlab. Mezi nejdůležitější metody patří MSE, PSNR a SSIM.

V teoretické části jsem shrnula vývoj IPTV, seznámila s možnými protokoly a kodeky IPTV. Bylo seznámeno se subjektivními a objektivními metodami hodnocení kvality obrazu.

V praktické části bakalářské práce byla navrhnutá grafická aplikace s grafickým uživatelským rozhraním v prostředí programu Matlab. Aplikace slouží pro objektivní hodnocení kvality obrazu metodami MSE, NMSE, PSNR a SSIM. Pomocí aplikace bylo provedeno porovnání dvou obrázků. Byl porovnán jeden referenční originální snímek s testovaným zdeformovaným snímkem, který obsahoval packet loss, jitter, apod. Originální i zdeformované snímky byly dodány od kolegů, kteří měli za bakalářskou práci měření IPTV. K měření bylo potřeba dvou notebooků, kde jeden z nich byl připojen k přístroji Simena. Na obou notebookech bylo spuštěno stejné video. Na notebooku, kde byl napojen přístroj Simena se pomocí programu Simena nastavovaly hodnoty u packet loss, bandwidth nebo jitter, které nám zdeformovaly video. Video se stopnuly ve stejný okamžik a udělaly se screeny obrazovek. Tyto screeny mi byly dodány a já je otestovala v mém vytvořeném programu v Matlabu.

Z vykonaných testování snímků jsem zjistila, že výsledné hodnoty se u různých dodaných obrázků podstatně lišily. Zjistila jsem, že pokud nahraji dva totožné obrázky, hodnoty MSE a NMSE jsou nulové, PSNR je nekonečné a SSIM se rovná hodnotě 1. Typická hodnota pro komprimované obrázky u PSNR je 30% - 40%, čím vyšší hodnota, tím lepší. U SSIM se výsledná hodnota pohybuje v intervalu [0 1], 0 znamená nulový vztah k originálnímu obrázku a 1 pokud nahrajeme dva stejné obrázky. U MSE parametru, čím vyšší byla hodnota, tím více zdeformovaný druhý obrázek byl. Správnou funkčnost mých implementovaných výpočtů do programu jsem si otestovala ve stáhnutém programu MSU Video Quality Measurement Tool, kde jsem otestovala všechny dodané snímky. Výsledné hodnoty se rovnaly hodnotám v mém vytvořeném programu

Použitá literatura

- [1] NOGHE, Petr. *Objektivní hodnocení kvality videa v prostředí Matlab*. Bakalářská práce, Brno: Vysoké učení technické, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav radioelektroniky, 2011. 58 s. Vedoucí bakalářská práce Ing. Ladislav Polák.
- [2] KREJČÍ, Jaroslav a Tomáš ZEMAN. *Hodnocení kvality IPTV* [online]. 2010 [cit. 2014-03-12]. Dostupné z <<http://access.fel.cvut.cz/view.php?cislocclanku=2010050004>> Výsledky výzkumu a další informace nejen z oblasti přístupových telekomunikačních sítí.
- [3] NUURI, Aminulah. *Internet protokol television (IPTV) services*. Bachelor's Thesis (UAS), Turku university of applied sciences, Degree program Information Technology- Data communication. 2011. 54 s. Instructor Patric Granholm.
- [4] NATIONAL INSTRUMENTS. *Peak Signal-to-Noise Ratio as an Image Quality Metric* [online]. 2013 [cit. 2014-04-14]. Dostupné z <<file:///C:/Users/home/Downloads/NI-Tutorial-13306-en.pdf>>.
- [5] MULTIMEDIA TECHNOLOGY. *Peak Signal-to-Noise Ratio* [online]. 2013 [cit. 2014-04-4]. Dostupné z <http://multimedia-technology.googlecode.com/svn/trunk/lab2_jpeg/info/PSNR.pdf>.
- [6] MU, M.; A. MAUTHE and R. HALEY. *Discrete quality assessment in IPTV content distribution network* [online]. 2011 [cit. 2014-04-14]. Dostupné z <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0923596511000221>>.
- [7] NUURI, Aminulah. *Internet protokol television (IPTV) services*. Bachelor's Thesis (UAS), Turku university of applied sciences, Degree program Information Technology- Data communication. 2011. 54 s. Instructor Patric Granholm.
- [8] BUSE, JARRET W. *TCP/IP Protocol: Real-time Transport Protocol (RTP)* [online]. 2013 [cit. 2014-04-4]. Dostupné z <<http://www.linux.org/threads/tcp-ip-protocol-real-time-transport-protocol-rtp.4965/>>. Forums LINUX.ORG.
- [9] SYME, Matthew and Phillip GOLDIE. *Understanding Application Layer Protocols* [online]. 2004 [cit. 2014-02-4]. Dostupné

z <<http://www.informit.com/articles/article.aspx?p=169578&seqNum=3>>. INFORMIT.COM the trusted technology learning source.

[10] TETZ, Edward. *Protocol Independent Multicast (PIM) Basics from Cisco Networking All-in-One For Dummies* [online]. 2011 [cit. 2014-02-4]. Dostupné z <<http://www.dummies.com/how-to/content/protocol-independent-multicast-pim-basics.html>>.

[11] WEHRLE, Klaus et al. *Internet Group Management Protocol (IGMP)* [online]. 2011 [cit. 2014-02-4]. Dostupné z <http://www.6test.edu.cn/~lujx/linux_networking/0131777203_ch17lev1sec3.html>. The Linux ® Networking Architecture: Design and Implementation of Network.

[12] KOUDELKA, Petr a Jan LÁTAL. *Telekomunikační síť: Optické přístupové síť OAN na bázi technologie EPON a jejich integrita* [online]. 2012 [cit. 2014-03-24]. VŠB-TU Ostrava, Katedra telekomunikační techniky, Fakulta elektrotechniky a informatiky. Dostupné z <http://optice.vsb.cz/_data/FRVS/3.%20Opticke%20pristupove%20site%20OAN%20na%20bazi%20EPON%20a%20jejich%20integrita.pdf>.

[13] GRÚBEL, Michal. *Implementace metriky pro hodnocení kvality videosekvencí do dekodéru H.264/AVC*. Diplomová práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav radioelektroniky, 2010. 45 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Martin Slanina, Ph.D.

[14] POŠTULKA, Ondřej. *Metodika hodnocení současných video kodeků*. Bakalářská práce. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická, Katedra počítačů, 2009. Vedoucí bakalářské práce: Ing. Roman Berka, Ph.D.

[15] HERINGOVÁ, Blanka a Petr HORA. *M A T L A B: Díl I. Práce s programem* [online]. 1995 [cit. 2014-04-30]. Dostupné z <<http://www.cdm.cas.cz/czech/hora/vyuka/mvs/tutorial.pdf>>.

[16] PUŽMANOVÁ, Rita. *Streaming media (4): transportní protokoly RTP/RTCP* [online]. 2004 [cit. 2014-04-30]. Dostupné z <<http://www.dsl.cz/clanek/60-streaming-media-4-transportni-protokoly-rtp-rtcp>>. Nabídka připojení DSL.

[17] WINDOWS SERVER 2008. *Používání protokolu RTSP* [online]. 2007 [cit. 2014-04-30]. Dostupné z <[http://technet.microsoft.com/cs-cz/library/cc770781\(v=ws.10\).aspx](http://technet.microsoft.com/cs-cz/library/cc770781(v=ws.10).aspx)>. Windows server.

- [18] ADAM, Jakub a KRAUS Ladislav. *Protokol PIM v Linuxu* [online]. 2008 [cit. 2014 04-30]. Dostupné z < http://wh.cs.vsb.cz/sps/images/a/af/PIM_Linux.pdf>.
- [19] SEHNAL, Michal. *Sledování provozu protokolu PIM pro směrování multicastů* [online]. [cit. 2014 04-30]. Dostupné z < http://www.cs.vsb.cz/grygarek/SPS/projekty0405/PIM_seh016.pdf>.
- [20] ŘÍČNÝ, V. *Videotechnika, Přednášky*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav radioelektroniky.
- [21] KRATOCHVÍL, T. *Digitální televizní a rozhlasové systémy, Přednáška č. 3, Zdrojové kódování digitálních obrazových a zvukových signálů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav radioelektroniky.

Seznam příloh

Součástí BP je CD.

Struktura CD: disk:\BP\program\background.jpg

disk:\BP\program\ssim.m

disk:\BP\program\untitled.m

disk:\BP\program\untitled.fig

disk:\BP\screeny\1_original.jpg

disk:\BP\screeny\1_deform.jpg

disk:\BP\screeny\2_original.jpg

disk:\BP\screeny\2_deform.jpg

disk:\BP\screeny\3_original.bmp

disk:\BP\screeny\3_deform.bmp

disk:\BP\screeny\4_original.bmp

disk:\BP\screeny\4_deform.bmp